

## Trabajo Especial

## Pertinencia de uso del análisis estadístico de medidas repetidas en la investigación agrícola

Renny Barrios Maestre<sup>1\*</sup> , Ramón Silva-Acuña<sup>1,2</sup> 

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). Maturín, Monagas, Venezuela. <sup>2</sup>Universidad de Oriente (UDO), Postgrado Agricultura Tropical, Campus Juanico, Núcleo Monagas. Monagas, Venezuela. \*Correo electrónico: rennybarrios@gmail.com

### RESUMEN

Cuando el muestreo es destructivo, y cada unidad experimental proporciona una sola medida por variable, no se comprometen los supuestos del ANOVA; mientras que, cuando esa respuesta cambia en el tiempo se convierte en una fuente de variación que debería incorporarse al diseño. Las medidas repetidas surgen cuando una respuesta se cuantifica repetidamente sobre la misma unidad experimental o sujeto, por tal razón, efectuarla implica la imposibilidad de aleatorizar el factor tiempo. Al realizar repetidamente evaluaciones sobre las mismas unidades, los datos resultantes guardan estrecha relación y al estar autocorrelacionados, se viola el supuesto de independencia de errores; además, las varianzas de las medidas repetidas cambiarían en el tiempo, comprometiendo el supuesto de igualdad de varianzas. El análisis de medidas repetidas en el tiempo es la opción correcta de análisis e interpretación de datos estadísticos tomados en la misma unidad experimental de manera sucesiva. Su aplicación requiere independencia de las respuestas entre las distintas unidades experimentales, normalidad conjunta multivariada, homogeneidad y esfericidad de la matriz de covariancia. Los paquetes estadísticos SAS<sup>®</sup>, SPSS, InfoStat y Stata<sup>®</sup>, entre otros, contienen módulos para realizar dicho análisis.

**Palabras Clave:** correlación, esfericidad, evaluaciones en el tiempo.

## Relevance of the use of statistical analysis of repeated measures in agricultural research

### ABSTRACT

When the sampling is destructive, and each experimental unit provides only one measure per variable, the assumptions of the ANOVA are not compromised; whereas, when that response changes over time, it becomes a source of variation that should be incorporated into the design. Repeated measures arise when a response is repeatedly quantified on the same experimental unit or subject, for this reason, to perform it implies the impossibility of randomizing the time factor. By repeatedly performing evaluations on the same units, the resulting data are closely related and, being autocorrelated, the assumption of error independence is violated; In addition, the variances of the repeated measures would change over time, compromising the assumption of equality of variances. The analysis of measures repeated over time is the correct option for analysis and interpretation of statistical data taken in the same experimental unit in a successive manner. Such analysis requires independence of the responses between the experimental units, multivariate joint normality and homogeneity and sphericity of the covariance matrix. The statistical packages SAS<sup>®</sup>, SPSS, InfoStat and Stata<sup>®</sup>, among others, contain modules to perform this analysis.

**Key words:** correlation, sphericity, evaluations in time.

## INTRODUCCIÓN

En el ámbito de la Estadística, Balzarini *et al.* (2012) señalan que la Biometría o Bioestadística, hace referencia a métodos estadísticos y matemáticos que se aplican para analizar datos provenientes de las ciencias biológicas, como lo es la agronomía; por otro lado, Spiegel y Stephens (2009) ilustran que la estadística estudia los métodos científicos para recolectar, organizar, resumir y analizar datos, así como para elaborar conclusiones válidas y tomar decisiones razonables. De manera similar otros autores (Badii *et al.* 2004; Foroughbakh y Badii 2005; Badii *et al.* 2006; Badii y Castillo 2007) plantean que la estadística tiene por objetivo verificar la validez probabilística de los acontecimientos en la escala tiempo-espacio, así como también, para relacionarla con eventos diarios o realizar predicciones.

La Estadística ha tenido un desarrollo importante en el tiempo, en consecuencia, las aplicaciones de las distintas técnicas se han incrementado en las diversas ramas de la ciencia; sin embargo, en virtud de la diversidad de ellas, existe “un uso y abuso” de las mismas, aduciendo utilización inapropiada de estas herramientas que generan interpretaciones inexactas de los resultados (Babinec 2012). Fernández *et al.* (2013) señalan que la introducción de métodos estadísticos de avanzada en la formación del profesional y en proyectos de investigación en el área agronómica, permite saltos cualitativos en la calidad académica, además de elevar la eficacia de las investigaciones científicas; es por ello que en la época actual, hay necesidad de poseer sólidos conocimientos en el uso de las herramientas estadísticas, por el papel que esta ocupa en la solución eficiente en las investigaciones científicas.

Al respecto Maindonald y Cox (1984), señalan algunos problemas vinculados al uso inapropiado de los métodos estadísticos en el área de la agronomía, entre los cuales destacan el empleo de métodos estadísticos que no se ajustan a las características de los datos considerados; estos mismos autores, mencionan que las estadísticas bien utilizadas proveen informaciones sumamente útiles para la toma de decisiones; además, de permitir comprender la naturaleza del fenómeno

estudiado. Por otro lado, Montes de Oca *et al.* (2007) aducen que las exigencias para arbitraje estadístico, debe aumentar, para la aceptación de los artículos, esto porque la estadística aplicada debe estar inmiscuida en la metodología de la investigación científica.

En la investigación agrícola, las pruebas paramétricas son válidas cuando se aplican a datos que tienen normalidad en la distribución de frecuencias de los errores muestrales, tienen varianzas homogéneas, los efectos de los factores de variación son aditivos y los errores son independientes. Si los grupos sometidos a la misma prueba de rendimiento tienen medias iguales, pero distribuciones diferentes, sería difícil interpretar una prueba paramétrica, debido a diferencias en la dispersión o varianza de los resultados. Por tanto, las pruebas paramétricas, solo se pueden aplicar a datos que tienen intervalos continuos e iguales (Yang *et al.* 2011; Perina y Krepelka 2013).

El rigor metodológico es fundamental en el desarrollo de cualquier investigación, a fin de garantizar la coherencia y la pertinencia de los resultados. El desconocimiento y el uso incorrecto de las herramientas estadísticas y metodológicas se traducen en investigaciones con discutible validez, como consecuencia de los errores de interpretación. Chew (1976) fue uno de los primeros en alertar sobre la alta frecuencia con que los métodos estadísticos han sido usados erróneamente en las publicaciones científicas, seguido por Petersen (1977), Johnson y Berger (1982) y Lowry (1992), entre otros. A pesar de los múltiples llamados de atención, en la actualidad continúan repitiéndose infinidad de errores en el tratamiento estadístico reportado en diferentes artículos científicos (Reinhart 2015; Kramer *et al.* 2016; Allison *et al.* 2016; Raudonius 2017; Cox *et al.* 2018).

En razón de los anteriores planteamientos, el objetivo de este trabajo fue el de acopiar los argumentos para la aplicación del análisis de medidas repetidas en el tiempo en experimentos vinculados al área agrícola.

## USO INCORRECTO DEL ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA)

Con mucha frecuencia se ha venido observando el uso del análisis de varianza convencional en publicaciones científicas donde se cuantifican variables sobre la misma unidad experimental en sucesivas oportunidades durante el transcurso de la investigación, independiente del diseño experimental y del arreglo de los tratamientos, aun cuando se violan los preceptos básicos de dicho análisis.

De las revistas *Agronomía Tropical* y *Zootecnia Tropical* se citan los siguientes ejemplos:

1. Caracterización físico-química y microbiológica de tres compost fabricados con residuos vegetales del Mercado Principal de la ciudad de Mérida, donde se realizaron evaluaciones en cuatro periodos sobre los mismos composteros (Millán *et al.* 2017). Los resultados se interpretaron a través de figuras y estadística descriptiva.
2. Variación de los niveles de amonio fijado en el suelo en diferentes etapas del desarrollo vegetativo de la caña de azúcar (López-Hernández e Infante 2017). Para comparar los cambios se efectuaron análisis de varianza de una vía, a pesar de que las evaluaciones se realizaron sobre la misma unidad experimental.
3. Evaluación de dos alturas y tres frecuencias de corte sobre la producción de materia seca y proteína cruda de *Tithonia diversifolia* (Lugo *et al.* 2012) y evaluación de cambios producidos por el pisoteo en sistemas de producción de cerdos a campo sobre las propiedades de un suelo Mollisol, comparando potreros con cerdos y sin cerdos y tres profundidades de suelo (Rodríguez *et al.* 2010), en los cuales se realizaron análisis de varianza por vía paramétrica, obviando la aleatorización de las unidades experimentales en los muestreos sucesivos.
4. Evaluación de cambios en la calidad físico-química de la leche en vacas raza Holstein y Normando derivados de los cambios inherentes a la gestación y de los cambios hormonales en diferentes etapas de lactancia,

evaluándose desde el momento de parto hasta el secado (Rodríguez *et al.* 2015). A los resultados obtenidos se les aplicó un análisis de varianza de una vía, comparando individualmente cada semana obviando las comparaciones entre las diferentes fechas.

5. Evaluación de la suplementación con tres dosis de grasa protegida sobre los parámetros productivos y composicionales de la leche bovina, en la cual se tomaron datos de los ordeños de mañana y tarde, siendo organizados respecto a la identificación de cada animal, producción diaria y dieta suministrada consolidándose un promedio semanal para cada grupo (Rodríguez *et al.* 2013). Los resultados fueron interpretados a través de análisis de varianza de una vía, comparando dentro de las semanas, pero no entre semanas.
6. Evaluación de los cambios de la calidad de agua en ensayos de crecimiento del híbrido cachamoto (*Colossoma macropomum* x *Piaractus brachypomus*) cultivado en un sistema de recirculación de agua en el Centro Piscícola del Orinoco (López y Anzoátegui 2012), donde sólo se reportan los resultados al final del ensayo, sin mostrar los análisis y comparaciones a través del tiempo.

En estas investigaciones, la respuesta a los tratamientos cambia con el tiempo, de modo que el mismo se convierte en una fuente de variación que debería incorporarse en el diseño. Cuando el muestreo es destructivo, y cada unidad experimental proporciona una sola medida para cada variable, no se comprometen los supuestos del ANOVA. Las medidas repetidas se obtienen cuando una respuesta se mide repetidamente sobre la misma unidad experimental o sujeto (árbol, parcela, animal, entre otros). La estructura tradicional del diseño reconoce dos factores: uno entre unidades experimentales a las cuales se les asigna un tratamiento, y el otro dentro de las unidades experimentales que son evaluados en tiempos fijos y equidistantes.

Efectuar mediciones repetidas en la misma unidad experimental implica que no es posible aleatorizar el factor tiempo; por lo tanto, los datos resultantes

guardan estrecha relación y se presume que estén autocorrelacionados, en consecuencia, se viola el supuesto de independencia de errores. Además, las varianzas de las medidas repetidas pudieran cambiar con el tiempo, comprometiendo el supuesto de igualdad de varianzas. Esta situación limita la aplicación de los modelos clásicos de análisis de varianza (González y López 2002; Carrero *et al.* 2008).

Investigaciones que involucran mediciones repetidas han sido visualizadas en la evaluación de los siguientes aspectos (entre otros):

- Evolución de cambios en el suelo como respuesta a prácticas de manejo, labranza y aplicación de fertilizantes y enmiendas (Amador *et al.* 2014; Chaves-Bedoya *et al.* 2013; Llovet y Vallejo 2010; Ruiz-Ochoa *et al.* 2006).
- Producción de abonos orgánicos, manejo de composteros y lombricultura (Rivas-Nichorzon *et al.* 2017; Cova *et al.* 2007; Castro *et al.* 2007).
- Evolución del crecimiento, desarrollo y producción de cultivos perennes y sistemas agro-silvo-pastoriles (Barragán-Hernández y Cajas-Girón 2019; Quijada *et al.* 2008; Quijada *et al.* 2004).
- Crecimiento, desarrollo y producción de pastos y forrajes (Calzada-Marín *et al.* 2018; Calzada-Marín *et al.* 2014; Medina *et al.* 2008; Mila y Corredor 2004).
- Respuesta a la suplementación alimenticia, minerales, vitaminas y medicamentos en animales (Depablos *et al.* 2016; Salvador *et al.* 2009; Drescher *et al.* 2009; Aparicio *et al.* 2007).
- Reproducción, mejoramiento genético, crecimiento, desarrollo y producción de pequeños y grandes animales (Vasconcelos *et al.* 2017; Schindler y Feola 2014; Gómez Gil *et al.* 2010; Martínez-González *et al.* 2007).

Uno de los enfoques incorrectos que se han utilizado para analizar datos de medidas repetidas es calcular la estadística descriptiva a partir de las observaciones, a lo largo del tiempo, en cada

unidad. Dichos resúmenes suelen tratarse como una respuesta ordinaria y analizarse mediante métodos convencionales, tales como análisis de varianza, regresión o modelos lineales generalizados. Las estimaciones de error para las estadísticas de resumen se basan únicamente en la aleatorización en el diseño experimental; no requieren suposiciones ni conocimiento de la estructura de covarianza de las mediciones repetidas.

Torres *et al.* (2003) plantean la utilización del análisis de varianza univariado, según modelo de parcelas divididas, cuando no existe correlación significativa entre las mediciones en tiempo; sin embargo, en experimentos de parcelas divididas, la asignación de los tratamientos a cada sujeto debería ser aleatorizada, pero en un experimento con mediciones repetidas, el factor tiempo evidentemente no puede aleatorizarse. Además, en un análisis de parcelas divididas existe la suposición de que las observaciones dentro de cada parcela comparten una correlación igual, y es improbable que esto se mantenga con medidas repetidas; de hecho, la estructura de correlación es una de las situaciones más importantes a considerar en dichos casos. Comúnmente habrá fuertes correlaciones porque las mediciones se realizan sobre las mismas muestras sucesivamente con el tiempo, y existirá mayor relación en la medida de la cercanía temporal de las evaluaciones; igualmente, la varianza propiamente dicha puede cambiar con el tiempo.

Otra de las opciones utilizadas ha sido la de analizar las mediciones repetidas de manera separada para cada una de las ocasiones, con la limitación de que los resultados sólo brindan información sobre las diferencias de tratamiento en los tiempos observados sin establecer relaciones entre ellos, debido a que el cambio de la significancia estadística de un tratamiento entre dos momentos no significa que el tratamiento haya cambiado significativamente en el tiempo. Igualmente, la aparición de patrones similares de efectos del tratamiento en varias ocasiones no proporciona una confirmación independiente de los efectos (Webster y Payne, 2002).

En algunos casos los datos son analizados mediante gráficos simples o por medio de análisis de regresión, y se ignora información potencialmente disponible concerniente a la tendencia sobre el tiempo, sin tomar en cuenta la violación de los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza de los análisis univariados (Gurevich y Chester 1986).

Es entendible que muchos investigadores prefieran el uso de análisis univariado debido a que son más sencillos de calcular, los estadísticos son más robustos y generalmente los resultados son más fáciles de interpretar; sin embargo, cuando se violan los supuestos de los procedimientos univariados, los niveles de significancia de las pruebas univariadas no son lo suficientemente precisos, conduciendo a errores en las pruebas de hipótesis.

### **EL ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE MEDIDAS REPETIDAS**

Para el análisis de las medidas repetidas en la misma unidad experimental en diferentes puntos en el tiempo son necesarios procedimientos estadísticos adecuados, diferentes a los tradicionales, de manera que se acentúe la validez de la conclusión estadística. Keselman y Keselman (1988) señalan que el uso válido del ANOVA de medidas repetidas requiere el cumplimiento de los siguientes supuestos: a) Independencia de las respuestas entre las distintas unidades experimentales, b) Normalidad conjunta multivariada c) Homogeneidad de las matrices de covarianza y d) Esfericidad de la matriz de covarianza.

Generalmente no hay mayores restricciones para el cumplimiento de los dos primeros supuestos. La esfericidad se logra cuando las varianzas entre todas las posibles diferencias por pares del factor de medidas repetidas son iguales. Cuando los diseños de medidas repetidas no contienen factores intrasujetos, es suficiente aplicar el criterio de esfericidad de Mauchley (1940).

Una vez satisfechos los supuestos del modelo, el Análisis Univariado de la Varianza es la prueba más robusta y potente (Keselman *et al.* 1996). Si las matrices de dispersión no son homogéneas,

se han desarrollado alternativas univariadas orientadas a corregir los valores críticos de la prueba de F univariada a fin de reducir las tasas de error tipo I. La corrección se realiza multiplicando los grados de libertad por un valor que indica la desviación de la matriz del patrón de esfericidad requerido, calculado desde la matriz de covarianza promediada de los datos del diseño (Fernández *et al.* 2010).

De no cumplirse el criterio de esfericidad, Park *et al.* (2009) recomiendan usar el enfoque multivariado, teniendo en cuenta sus limitaciones y su impacto adverso en la eficiencia y la potencia. En caso de diseños desbalanceados, el ANOVA multivariante eliminará todas las entradas de esa unidad experimental si faltara alguna observación, lo cual conduce a la pérdida de datos válidos. Por lo tanto, este enfoque es más confiable cuando se dispone de muestras grandes. Dependiendo de la existencia de efectos de interacción, el investigador debe realizar las comparaciones múltiples apropiadas en función de los objetivos del estudio y de la interpretación de interés.

El análisis multivariado de la varianza (MANOVA), en lugar de tratar varias mediciones a lo largo del tiempo como una única variable dependiente medida repetidamente, trata las mediciones repetidas como variables dependientes separadas, generadas por una unidad experimental, con lo cual se pierde la ventaja de medir repetidamente dichas unidades. En consecuencia, los problemas de tamaño de muestra se convierten en una consideración primordial, y un tamaño de muestra que fue suficiente para demostrar un efecto en un ANOVA de medidas repetidas puede ser demasiado pequeño para demostrar un efecto similar utilizando el enfoque multivariable (Kieffer y Haley 2002).

Los paquetes estadísticos más utilizados, como SAS®, SPSS, InfoStat y Stata®, entre otros, son compatibles con ANOVA estándar y ANOVA de medidas repetidas, así como con múltiples comparaciones de una manera fácil de usar. A veces, diferentes programas y diferentes métodos pueden requerir la preparación de diferentes formatos de datos para realizar el mismo análisis estadístico. Dado que el software estadístico no

verifica si se cumplen los supuestos estadísticos, es necesario un proceso previo de verificación de suposiciones antes de realizar el análisis estadístico (Park *et al.* 2009).

### LITERATURA CITADA

- Allison, D; Brown, A; George, B; Kaiser K. 2016. Reproducibility: A tragedy of errors. *Nature* 530 (7588): 27–29.
- Amador, M; Velásquez, R; Sánchez B; Acosta E. 2014. Floración y fructificación de chile mirasol (*Capsicum annuum* L.) con labranza reducida, labranza convencional o incorporación de avena al suelo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 5(6):1001-1013.
- Aparicio, R; Torres R; Astudillo, L; Córdova, L; Carrasquel, J. 2007. Suplementación parenteral con cobre sobre el peso de becerros en crecimiento. *Zootecnia Tropical* 25(3):221-224.
- Babinec, F. 2012. Métodos estadísticos en genética básica y aplicada: por qué, cómo y cuánto. *BAG. Journal of basic and applied genetics* 23(2):7-18.
- Badii, MH; Pazhakh, AR; Abreu JL; Foroughbakhch, R. 2004. Fundamentos del método científico. *Innovaciones de Negocios* 1(1):89-107.
- Badii, M; Castillo, J; Wong, A. 2006. Diseños de distribución libre. *Innovaciones de negocios* 3(5): 141-174.
- Badii, MH; Castillo, J; Gorjón, F; Foroughbakhch, R. 2007. Completely randomized designs. In: M.H. Badii & J. Castillo (Eds.). *Técnicas Cuantitativas en la Investigación*. UANL, Monterrey. pp. 307-334.
- Balzarini, M; Di Rienzo, J; Tablada, M; González, L; Bruno, C; Córdoba, M; Robledo, W; Casanoves, F. 2012. *Estadística y Biometría. Ilustraciones del uso de InfoStat en problemas de Agronomía*. Editorial Brujas, Córdoba, Argentina, 1º Edición, Primera Impresión. 328 p.
- Barragán-Hernández, W; Cajas-Girón Y. 2019. Cambios bromatológicos y estructurales en *Megathyrus maximus* bajo cuatro arreglos silvopastoriles. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 20(2):231-244
- Calzada-Marín, J; Enríquez-Quiroz, J; Hernández-Garay, A; Ortega-Jiménez, E; Mendoza-Pedroza, S. 2014. Análisis de crecimiento del pasto maralfalfa (*Pennisetum* sp.) en clima cálido subhúmedo. *Revista Mexicana Ciencias Pecuarias* 5(2):247-260.
- Calzada-Marín, J; Ortega-Jiménez, E; Enríquez-Quiroz, J; Hernández-Garay, A; Vaquera-Huerta, H; Escalante-Estrada, J. 2018. Análisis de crecimiento del pasto Taiwán (*Pennisetum purpureum* Schum) en clima cálido subhúmedo. *Agroproductividad* 11(5):69-75.
- Carrero, O; Jerez, M; Macchiavelli, R; Orlandoni, G; Stock J. 2008. Ajuste de curvas de índice de sitio mediante modelos mixtos para plantaciones de *Eucalyptus urophylla* en Venezuela. *Interciencia* 33:4
- Castro, A; Cova, L; García, D; Medina, M. 2007. Efecto de la cáscara de huevo en la producción de cápsulas de la lombriz roja (*Eisenia andrei*). *Zootecnia Tropical* 25(2):135-142.
- Chaves-Bedoya, G; Ortíz-Moreno, M; Ortiz-Rojas, L. 2013. Efecto de la aplicación de agroquímicos en un cultivo de arroz sobre los microorganismos del suelo. *Acta Agronómica* 62(1):66-72.
- Chew V. 1976. Comparing treatment means: A compendium. *HortScience* 11(4):348-356.
- Cova, LJ; García, DE; Castro, AR; Medina, MG. 2007. Efecto perjudicial de *Moringa oleifera* (Lam.) combinada con otros desechos agrícolas como sustratos para la lombriz roja (*Eisenia* spp.). *Interciencia* 32(11):769-774.
- Cox, DR; Kartsonaki, C; Keogh, RH. 2018. Big data: Some statistical issues. *Statistics and Probability Letters* 136:111-115.
- Depablos, L; Vargas, D; Mora, R. 2016. Evaluación económica de varios alimentos concentrados comerciales como suplementos para novillas mestizas en crecimiento estabuladas.

- Archivos Latinoamericanos de Producción Animal 24(1):21-28.
- Drescher, K; Saddy, J; Uzcátegui, W. 2009. Evaluación de la cantidad de leche vendible y total bajo diferentes modalidades de amamantamiento restringido en vacas doble propósito. *Zootecnia Tropical* 27(1):39-48.
- Fernández, L; Lara, A; Pereyra, A; Guerra, W; Calzadilla, J. 2013. Estadística Aplicada a la Ingeniería Agrícola y a las Ciencias Agropecuarias. Su contribución en la docencia, investigación y transferencia de conocimiento. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias* 22(2):84-88.
- Fernández, P; Vallejo, G; Livacic-Rojas, P. 2010. Robustez de cinco estadísticos univariados para analizar diseños Split-Plot en condiciones adversas. *Revista Latinoamericana de Psicología* 42(2):289-309.
- Foroughbakhch, R; Badii, MH. 2005. Métodos Analíticos Estadísticos. UANL, Monterrey. 218 p.
- Gómez, M; Pérez, G; Santéliz, P; Cortés, A; Vilanova-Fernández, L. 2010. Reproducción de hembras Brahman en dos rebaños pertenecientes a un programa de mejora genética. *Zootecnia Tropical* 28(2):141-151.
- González, LM; López, LA. 2002. Medidas repetidas con datos faltantes: estimación de parámetros vía análisis de covarianza. *Revista Colombiana de Estadística* 25:127-143.
- Gurevich, J; Chester, S. 1986. Analysis of repeated measures experiments. *Ecology* 67(1):251-255.
- Johnson, SB; Berger, RD. 1982. On the status of statistics in phytopathology. *Phytopathology* 72(8):1014-1015.
- Keselman, HJ; Keselman, JC. 1988. Repeated measures multiple comparison procedures: Effects of violating multisamplesphericity in unbalanced designs. *Journal of Educational Statistics* 13(3):215-226.
- Keselman, JC, Lix, ML; Keselman, HJ. 1996. The analysis of repeated measurements: A quantitative research synthesis. *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology* 49(2):275-298.
- Kieffer, KM. Haley, JA. 2002. On analyzing repeated measures designs with both univariate and multivariate methods: a primer with examples. *Multiple Linear Regression Viewpoints* 28(1):1-17.
- Kramer, M; Paparozzi, E; Stroup, W. 2016. Statistics in a Horticultural Journal: Problems and Solutions. *Journal American Society Horticultural Science* 141(5):400-406.
- Llovet, J; Vallejo, R. 2010. Evolución de la compactación superficial del suelo tras un incendio en función de la edad de abandono de antiguos cultivos. *C & G*. 3-4.
- López, P; Anzoátegui, D. 2012. Crecimiento del híbrido Cachamoto (*Colossoma macropomum* x *Piaractus brachypomus*) en un sistema de recirculación de agua. *Zootecnia Tropical* 30(4): 335-342.
- López-Hernández, D., Infante, C. 2017. Fijación de amonio en un suelo molisol cultivado con caña de azúcar en el valle del río Yaracuy, Venezuela. *Agronomía Tropical* 67(1-4):152-160.
- Lowry, SR. 1992. Use and misuse of multiple comparisons in animal experiments. *Journal of Animal Science* 70:1971-1977.
- Lugo, M; Molina, F; González, I; González, J; Sánchez, E. 2014. Efecto de la altura y frecuencia de corte sobre la producción de materia seca y proteína cruda de *Tithonia diversifolia* (Hemsl) A. Gray. *Zootecnia Tropical* 30(4):317-325.
- Maindonald, J; Cox, N. 1984. Use of statistical evidence in some recent issues of DSIR agricultural journals. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 27(4):597-610.
- Martínez-González, J.; Castillo-Rodríguez, S; Lucero-Magana, F; Ortega-Rivas, E. 2007. Influencias ambientales y heredabilidad para características de crecimiento en ganado Sardo Negro en México. *Zootecnia Tropical* 25(1):1-7.

- Mauchley, JW. 1940. Significance test of sphericity of a normal  $n$ -variate distribution. *Annals of Mathematical Statistics* 11:204-209.
- Medina, MG; García, DE; González, ME; Cova, LJ; Moratinos, P. 2009. Variables morfo-estructurales y de calidad de la biomasa de *Tithonia diversifolia* en la etapa inicial de crecimiento. *Zootecnia Tropical* 27(2):121-134.
- Mila, A; Corredor, G. 2004. Evolución de la composición botánica de una pradera de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) recuperada mediante escarificación mecánica y fertilización con compost. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 5(1):70-75.
- Millán, FC; Prato, JG; Uzcátegui, J; Sulbarán, A; Sánchez, A. 2017. Caracterización físico-química y microbiológica de materiales compostados obtenidos de residuos vegetales del Mercado Principal de Mérida, Venezuela. *Agronomía Tropical* 67(1):139-151.
- Montes de Oca, R; Uña, F; Viera, G; Cardoso, G; Avilés, S. 2007. Aplicación de la estadística, el diseño experimental y software en artículos de la Revista de Producción Animal. *Revista de Producción Animal* 19(S1):35-41.
- Park, E; Cho, M; Ki, CS. 2009. Correct use of repeated measures analysis of variance. *The Korean Journal of Laboratory Medicine* 29(1):1-9.
- Perina, J; Krepelka, J. 2013. Quantum statistics of optical parametric processes with squeezed reservoirs. *Optics Communications* 308:274-281.
- Petersen, RG. 1977. Use and misuse of multiple comparison procedures. *Agronomy Journal* 69:205-208.
- Quijada, O; Herrero, B; Matheus, M; Castellano, G; Camacho, R; González, C. 2004. Evaluación de variedades de mango (*Mangifera indica* L.) en la planicie de Maracaibo. I. Variables vegetativas y épocas de producción. *Revista Facultad de Agronomía (LUZ)* 21:244-252.
- Quijada, O; Matheus, M; Castellano, G; Camacho, R; González, C; Casanova, Á; Noguero, N. 2008. Desarrollo y productividad de cultivares de mango injertados sobre el patrón sina-maica en la planicie de Maracaibo. *Agronomía Tropical* 58(3):207-213.
- Raudonius, S. 2017. Application of statistics in plant and crop research: important issues. *Zemdirbyste – Agriculture* 104 (4):377-382
- Reinhart, A. 2015. *Statistics done wrong: The woefully complete guide*. No Starch Press, San Francisco, CA. 176 pp.
- Rivas-Nichorzon, M; González, M; Belloso, G; Silva-Acuña, R. 2017. Poblaciones de hongos y actinomicetos presentes en el proceso de compostaje con base en bora (*Eichhornia crassipes*), residuos de café y de jardinería. *SABER* 29:358-366.
- Rodríguez, A; Pulido, MA; Rey, JC; Lobo, D; Araque, H; Rivero, C. 2010. Efecto del pisoteo en sistemas de producción de cerdos a campo sobre propiedades del suelo. *Agronomía Tropical* 60(2):119-130.
- Rodríguez, CE; Gómez, DF. 2013. Efecto de la suplementación con diferentes dosis de grasa protegida sobre parámetros productivos y composicionales de la leche bovina. *Zootecnia Tropical* 31 (4):299-309.
- Rodríguez, CE; Saavedra, GF; Gómez, DF. 2015. Efecto de la etapa de lactancia sobre la calidad fisicoquímica de leche en vacas de raza Holstein y Normando. *Zootecnia Tropical* 33 (1):23-35.
- Ruiz-Ochoa, MA; Meléndez, R; Castellanos, M; Polanía, J. 2006. Aplicación de medidas repetidas a cuatro propiedades edáficas en los manglares del brazo Calancala, río Ranchería. *Revista de la Academia Colombiana de ciencias exactas, físicas y naturales* 30 (115):233-242.
- Salvador, A; Alvarado, C; Contreras, I; Betancourt, R; Gallo, J; Caigua, A. 2009. Efecto de la alimentación con grasa sobrepasante sobre la producción y composición de leche de cabra en condiciones tropicales. *Zootecnia Tropical* 27(3):285-298.



- Schindler, V; Feola, I. 2014. Comparación del peso desde el nacimiento hasta el destete de terneros de biotipos Braford y cuarterones en la región del NEA, Argentina. *Zootecnia Tropical* 30(4):327-333
- Spiegel, MR; Stephens, LJ. 2009. *Estadística*. McGraw-Hill/Interamericana Editores. Cuarta Edición. DF México. 284 p.
- Torres V, J; Navarro, R; Pérez, T. 2003. Modelos estadísticos para el procesamiento de experimentos con mediciones repetidas en la misma unidad experimental. *Revista Cubana Ciencias Agrícolas* 37:227.
- Vasconcelos, AMD; Carvalho, FCD; Costa, APD; Lobo, RNB; Ramalho, RC. 2017. Produção e composição do leite de ovelhas da raça Rabo Largo criadas em região tropical. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal* 18(1):174-182.
- Webster, R; Payne, R. 2002. Analyzing repeated measurements in soil monitoring and experimentation. *European Journal of Soil Science* 53:1-13.
- Yang, X; Beason-Held, L; Resnick, S; Landman, B. 2011. Biological parametric mapping with robust and non-parametric statistics. *Neuroimage* 57(2):423-430.